

Aus dem Röntgendiagnostischen Zentralinstitut der Universität Zürich  
(Direktor Prof. Dr. H. R. Schinz)  
Arbeit unter Leitung von Prof. U. Cocchi

---

# **Röntgenanatomische Studie der Variationen des Bronchialbaumes**

## **INAUGURAL-DISSERTATION**

zur Erlangung der Doktorwürde  
der medizinischen Fakultät der Universität Zürich

vorgelegt von

**Alice Baumann**

von Zürich

Genehmigt auf Antrag von Prof. Dr. H. R. Schinz

Zürich 1953  
Buchdruckerei Fluntern  
Plattenstrasse 27



Aus dem Röntgendiagnostischen Zentralinstitut der Universität Zürich  
(Direktor Prof. Dr. H. R. Schinz)  
Arbeit unter Leitung von Prof. U. Cocchi

---

# **Röntgenanatomische Studie der Variationen des Bronchialbaumes**

## **INAUGURAL-DISSERTATION**

zur Erlangung der Doktorwürde  
der medizinischen Fakultät der Universität Zürich

vorgelegt von

**Alice Baumann**

von Zürich

Genehmigt auf Antrag von Prof. Dr. H. R. Schinz

Zürich 1953  
Buchdruckerei Fluntern  
Plattenstrasse 27



MEINEN ELTERN



## INHALTSVERZEICHNIS

|                                                                                                         |       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| I. Einleitung                                                                                           | 7     |
| II. Die Topographie des Bronchialbaumes                                                                 | 7—12  |
| III. Die Terminologie des Bronchialbaumes                                                               | 12—13 |
| IV. Beitrag zur Bronchographie                                                                          |       |
| A. Die Kontrastmittel                                                                                   | 13—14 |
| B. Bronchographietechnik                                                                                | 14—16 |
| V. Allgemeiner Ueberblick über die Aufteilungsformen der Bronchien und Variationen der Segmentbronchien | 16—18 |
| VI. Die Aufteilung des Bronchialbaumes im Bronchogramm                                                  | 18—35 |
| VII. Zusammenfassung                                                                                    | 36    |
| VIII. Literaturverzeichnis                                                                              | 40—41 |



Digitized by the Internet Archive  
in 2026

## I. EINLEITUNG

In den letzten Jahren hat das Interesse für die Anatomie des Bronchialbaumes sehr zugenommen. Es genügt nicht mehr, dass die Lungenkrankungen nur den einzelnen Lappen zugeordnet werden. Man ist bestrebt, die Lungendiagnostik auf anatomische Grundlagen zu stellen, um eine genaue Lokalisation der pathologischen Prozesse (Atelektasen, spezifische und unspezifische Entzündungen, Tumoren, Bronchiektasen) innerhalb der Lunge zu ermöglichen. Einerseits wurden diese Bestrebungen angeregt durch die Verfeinerung der bronchoskopischen und bronchographischen Technik, anderseits machten hauptsächlich die enormen Fortschritte in der Lungenchirurgie (Lobektomie, Segmentektomie) die genaueste Kenntnis des Bronchialbaumes zur Voraussetzung.

Auch für lungentherapeutische Zwecke wie endobronchiale Instillierung von Antibiotica (*Mattéi, Fabiani, Tristani und Barbe*) ist diese unumgänglich notwendig. Sehr viele Autoren haben bis anhin den Versuch unternommen, den Bronchialbaum zu systematisieren, meist ohne zahlenmässige Angaben ihres Untersuchungsmaterials. Unsere Arbeit, deren Ziel es ist, die Variationen der Segmentbronchi zu untersuchen, muss sich also zuerst zur Aufgabe machen, die Anordnung der Bronchialäste in ein einfaches Schema einzuordnen, indem die bis heute bekannten Ergebnisse, wenn immer möglich, zum Vergleiche herangezogen werden (s. Tabelle 1 und 2 Seite 37-39).

## II. DIE TOPOGRAPHIE DES BRONCHIALBAUMES

Basierend auf den grundlegenden Arbeiten von *Aeby* (1878—1880), *Ewart* (1889), *Hasse* (1892), *Narath* (1901) wurden in den Zwanzigerjahren systematische Untersuchungen über die Aufteilung der Bronchien und Gefässe innerhalb der Lunge von anatomischer Seite her durchgeführt. Es ist unstreitbar das Verdienst von *Felix* (1928), unter dem Eindruck der Untersuchungen von *Melnikoff* (1923—24) zuerst klar erkannt zu haben, dass sich in jedem Lungenlappen zwei Anteile unterscheiden lassen, nämlich eine periphere Mantelzone, wo respiratorisches Parenchym vorherrscht und ein Lappenkern, mit den größeren Verzweigungen der Bronchien und Gefässe (s. Abb. 1).

Weiter machte er die wichtige Feststellung, dass Bronchien, Arterien und Venen vom Hilus in radiärer Anordnung zu ihren Versorgungsgebieten laufen, indem sie sich von grösseren in immer kleinere Aeste aufteilen. Die Bronchien und Arterien verlaufen dabei nicht nur in der Peripherie, sondern auch im Lappenkern immer gemeinsam, während die Venen stets zwischen den Lungenabschnitten gelegen sind. Dieses Erkenntnis hätte schon damals, für die erst später in ihrer ganzen Tragweite erkannte anatomische Gliederung der Lungenlappen in Segmente und Subsegmente, die Basis bilden können, sofern die anatomische Erfahrung auch von der Pathologie und Röntgenologie aufgenommen worden wäre (*Esser*).

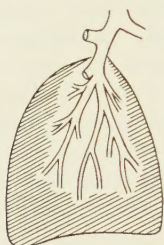


Abb. 1 Lungenlappen mit Lappenkern und Lappenmantel (schraffiert).  
(Original Dr. Winkler Anatomie Zch.)

*Felix* befasste sich auch mit den Bronchialverzweigungen innerhalb der Lunge. Wie bekannt, teilt sich die Trachea in den rechten und linken Haupt- und Stammbronchus (Bronchien erster Ordnung nach *Felix*), welche die Luftstrombahn bilden für die rechte bzw. linke Lunge. Von jedem Stammbronchus entspringen gewöhnlich alternierend die Lappenbronchien (Bronchien zweiter Ordnung). Diese teilen sich innerhalb der Lappen weiter auf in kleinere Bronchienäste drit- und vierter Ordnung und gehen schliesslich in die Bronchioli respiratorii (kleinste Bronchien von 0,4 mm Durchmesser) über. Sie entsprechen gewöhnlich einem Bronchus fünfter oder sechster Ordnung. Der Bronchiolus respiratorius teilt sich nach kurzem Verlauf spitzwinklig in 3 bis 5 Luftgänge (Ductus alveolares), welche sich an ihren distalen Enden erweitern und in je 2 bis 5 Luftsäcke (Sacculi alveolares) übergehen. Ductus alveolares und Sacculi alveolares sind auf ihrer ganzen Oberfläche mit Alveolen besetzt (s. Abb. 2). *Felix* fand als kleinste makroskopisch sichtbare, respiratorische Einheit innerhalb des Lungenlappens, den Lobulus (Lungenläppchen). Dieser umfasst die Atmungskammern, die zu einem oder mehreren Bronchuli gehören. Nach *Felix* wird jedes Läppchen von einer bindegewebigen Kapsel umschlossen. Im Gegensatz zu *Felix* konstatierte man in späteren Untersuchungen, dass eine eigentliche bindegewebige Abgrenzung der Lobuli nicht besteht. Ferner lassen sich die Lobuli noch in submakroskopische respiratorische Einheiten aufteilen, nämlich in ca. 8 bis 12 grosse Azini. Diese setzen sich wiederum zusammen aus

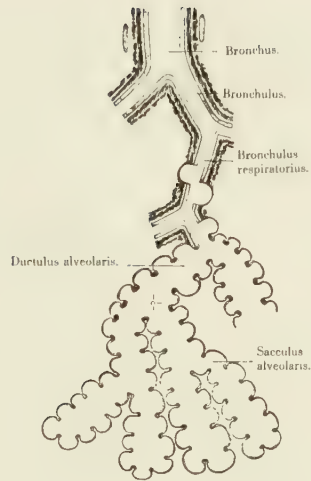


Abb. 2 Schema der Verzweigung des Luftweges innerhalb eines Lobulus.  
(Lehrbuch der Histologie: W. von Möllendorff).

den Aziniterminalen (Gesamtheit der Ductuli und Sacculi alveolares, die einem Bronchiolus respiratorius angehören).

In der neueren Epoche, die etwa Mitte der Dreissigerjahre beginnt, wird der Bronchialbaum bronchographisch dargestellt und untersucht (*Kramer und Glass, Neil, Gilmour, Gwynne, Huizinga* und Mitarbeiter, *Esser* u. a.) und die anatomischen Untersuchungen der Bronchial- und Gefäßverzweigungen weitergeführt. Da die Fortschritte in der Thoraxchirurgie, besonders die Teilresektion der Lunge zur operativen Entfernung von Tumoren und Bronchiektasen, genauer anatomischer Grundlagen bedurfte, ergab sich daraus, dass die grobe Einteilung der Lungen, rechts in drei und links in zwei Lappen, in der Röntgendiagnostik nicht mehr genügte. Ferner zeigte sich immer häufiger, dass Lungenprozesse, wie Atelektasen oder pneumonische Veränderungen nur noch selten einen ganzen Lappen befielen, sondern in überwiegender Mehrzahl nur gewisse Abschnitte desselben, die mit den Verzweigungen des Bronchialbaumes in engem Zusammenhang stehen. Für die klare Vorstellung der *S e g m e n t e*, wie diese Lungenabschnitte genannt werden, ist daher eine genaue Kenntnis des Bronchialbaumes Voraussetzung (s. Abb. 3). Im Französischen werden diese Lungenabschnitte Sektoren oder Zonen genannt. Sie stehen grössermässig zwischen den Lungenläppchen (*Lobuli*) und Lappen. Man versteht unter Segment in der Regel das Versorgungsgebiet eines Bronchus dritter Ordnung (*Segmentbronchus*). Die Segmentbronchi teilen sich weiter auf in Bronchien vierter Ordnung (*Subsegmentbronchien*), die dann einen Segmentabschnitt, das *S u b s e g m e n t* versorgen. Anerkannt ist die Tatsache, dass die Lungensegmente mit der Anzahl der Segmentbronchi übereinstimmen; deshalb ist es möglich, die Darstellung des Bronchialbaumes zur Orientierung über die Segmenteinteilung zu verwenden. Das eindrucksvollste Bild über Grös-

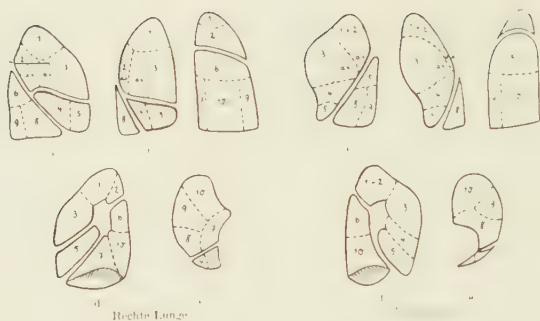


Abb. 3 Projektion der Lungensegmente auf die Lungenoberfläche. (Lehrbuch der Röntgendiagnostik 5. Auflage: Schinz-Baensch-Friedl-Uehlinger).

se und Lage eines Lungensegmentes bietet uns die auf der Thoraxaufnahme sichtbare Lungenverschattung. Dazu sind allerdings stets Thoraxaufnahmen in zwei senkrecht zueinanderstehenden Strahlenrichtungen (d—v und seitlich) nötig, da aus einer, nur in einer einzigen Strahlenrichtung vorgenommenen Aufnahme allein sich keine sichere Diagnose stellen lässt (s. Abb. 4). Allerdings lässt sich die Segmentbestimmung anhand von Lungenverschattungen nur anwenden, wenn diese durch normalpathologische Ursachen bedingt sind, d. h. wenn es sich nicht um schrumpfende Prozesse, wie Atelektasen, chronischen Pneumonien handelt, wodurch Verlagerung der Segmentgrenzen und damit eine Änderung in Form, Grösse und Lage auftreten kann. Mitunter kann die Zugehörigkeit eines Segmentenschattens nur durch die Bronchographie entschieden werden. Dasselbe gilt, wenn nur ein Teil eines Segmentes befallen wird, wie es z. B. bei kleinen Tumoren, Lungenabszessen der Fall ist (Cocchi).

Genaueren Aufschluss über Lage und Ausdehnung der Segmente gibt die gezielte Bronchographie, indem man mit Hilfe der Métrassonde die Segmente mittels Joduron B isoliert und dieses aspirieren lässt. Nach Auffassung einiger Internisten und Pathologen sind diese funktionellen Segmente ausschliesslich Reflexgebiete höherer Nervenzentren, ähnlich den Headschen Zonen, und daher nicht an anatomische Segmentgrenzen oder Lappengrenzen gebunden. In der jüngsten Zeit konnte aber im Gegensatz zu dieser Auffassung klar gemacht werden, dass die Lungensegmente eine anatomisch und funktionell nervöse Einheit darstellen. Die im Jahre 1927 niedergelegte Ansicht von Sérgent:

«Chaque lobe représente un petit poumon, qui a sa bronche, ses branches vasculaires sanguines et lymphatiques. Cette indépendance anatomique est la base d'une indépendance fonctionnelle physiologique et pathologique.»

wurde von zahlreichen Autoren (Chatton, Maleki, Devos, Lucien et Weber sowie Esser) in gleicher Weise auf die Lungensegmente übertragen.

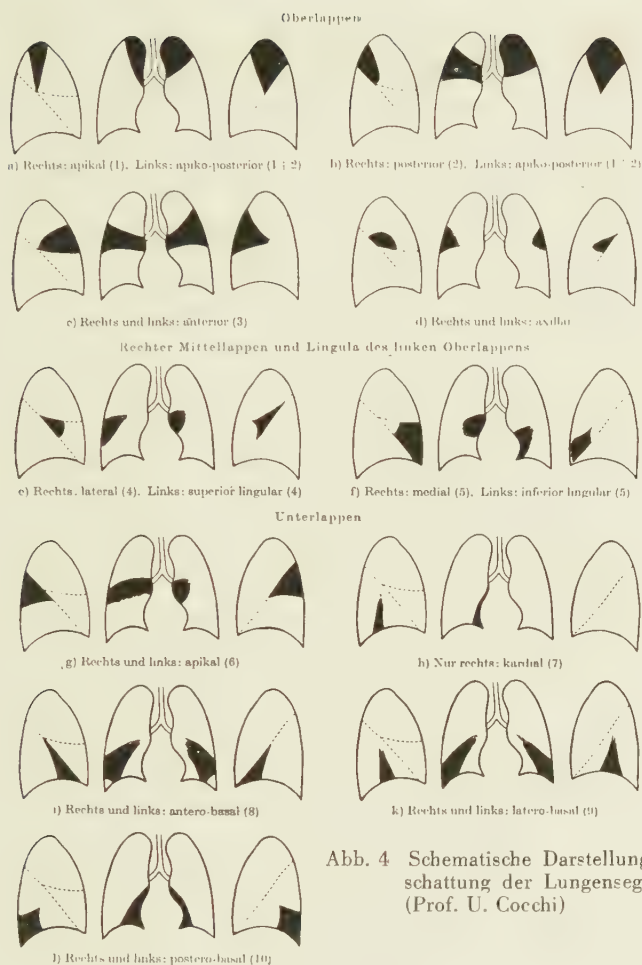


Abb. 4 Schematische Darstellung der Verschattung der Lungensegmente (Prof. U. Cocchi)

Die Lungensegmente gleichen ihrer Form nach einem Kegel, dessen Spitze gegen den Hilus, und dessen Basis gegen die Peripherie gerichtet ist. Lange Zeit war man darüber im Unklaren, ob die Lungensegmente in gleicher Weise voneinander getrennt sind wie die Lappen. Verschiedene Forscher hatten die Auffassung, die einzelnen Segmente seien durch feine Bindegewebshüllen voneinander getrennt (*Colouma, Pierret, Devos, Breton* u. a.). Heute aber scheint es bewiesen zu sein, dass dies absolut nicht der Fall ist. Es soll sich bei diesen Annahmen nämlich um Interlobärsepten akzessorischer Lungenlappen und nicht um intersegmentale Septen gehandelt haben. Das Lungensegment kann so auf Grund anatomischer Untersuchungen an der Oberfläche nicht erkannt werden.

es ist lediglich durch den Segmentbronchus charakterisiert und definiert (*Schinz-Baensch-Friedl-Uehlinger*).

Trotz der zahlreichen Untersuchungen herrscht in der Literatur noch keine Einigkeit über Zahl, Anordnung und Konstanz der Lungensegmente. Die Ursache hierfür liegt einerseits in den zahlreichen Variationsmöglichkeiten, denn keine einzige Lunge ist in ihrem Aufbau gleich wie die andere. Eine anatomische Systematik ist deshalb nur durch Erfassung dieser Formschwankungen möglich. Andererseits liegt die Ursache auch in der unterschiedlichen Nomenklatur. Jeder Autor, der sich auf eigene Untersuchungen stützen konnte, führte eine spezielle ihm passende Nomenklatur ein. Arterien, Bronchien und die zugehörigen Venen werden dabei aber immer gleich benannt.

### III. DIE TERMINOLOGIE DES BRONCHIALBAUMES

Die alte Einteilung des Bronchialbaumes nach *Aeby*, die sich nach entwicklungsgeschichtlichen Grundlagen richtete (z. B. Br. hyparterialis ventralis, oder dorsalis I—IV) hat dabei nur noch historische Bedeutung. Sie ist allerdings in anatomischen Büchern immer noch im Gebrauch. Die meisten Autoren richteten sich nach der alten Baseler Nomenklatur (1895), wobei die Organe nach ihrer Ausrichtung im R a u m e benannt wurden (z. B. anterior, posterior). Dies ist noch heute aus der in den USA üblichen Nomenklatur ersichtlich. Englische Autoren (*Ewart, Neil, Brock* u. a.) sowie einige Europäer (*Herrnheiser, Huizinga* u. a.) benutzen eine regional topographische Benennung nach Teilen der Thoraxwand (z. B. pectoral, cardial, axillär). Die amerikanische Nomenklatur hält sich aber in keiner Weise genau an die Begriffe der Raumorientierung, da Benennungen wie apikal, subapikal eine regionale Bezeichnungsweise sind.

*Lucien* und seine Schüler (1930—35) schufen den Begriff der Parabronchien entsprechend der räumlichen Anordnung einzelner Bronchialäste. Sie teilen die einzelnen Lungenlappen in eine dorsale, ventrale und parabronchiale (seitliche) Ebene ein, wobei in letzterer noch ein innerer und äusserer Anteil unterschieden werden. Die dazugehörigen Bronchialäste werden Parabronches internes et externes bezeichnet. Nach *Esser* handelt es sich dabei nur um Bronchialvarietäten, die den lateralen (axillären) Lungenbereich versorgen, und von den Franzosen unter diesem Begriff zusammengefasst werden. Die Versorgungsgebiete der Parabronchien sind selbständige Lungensegmente mit besonderen klinischen Merkmalen, die eine starke Anfälligkeit gegenüber Krankheiten aufweisen.

Aus dem bisher Gesagten ist klar ersichtlich, dass es nötig wurde, eine einheitliche Nomenklatur zu schaffen. Dies war 1948 in Frankreich der Fall (*Société Française de Pathologie respiratoire*) und das zweite Mal 1949 in London am Internationalen Hals-Nasen-Ohrenkongress.

Das Röntgeninstitut der Universität Zürich bedient sich für die Bezeichnung der Segmentbronchi der internationalen Nummerierung und Nomenklatur nach der Londoner Vereinbarung, die hier kurz angeführt sei:

|                    |     |                   |
|--------------------|-----|-------------------|
| Re. Oberlappen:    | 1   | apikal            |
|                    | 2   | posterior         |
|                    | 3   | anterior          |
| Li. Oberlappen:    | 1+2 | apico-posterior   |
|                    | 3   | anterior          |
|                    | 4   | superior linguär  |
|                    | 5   | inferior linguär  |
| Re. Mittellappen:  | 4   | lateral           |
|                    | 5   | medial            |
| Beide Unterlappen: | 6   | apikal            |
|                    | 7   | cardial (nur re.) |
|                    | 8   | anterobasal       |
|                    | 9   | laterobasal       |
|                    | 10  | posterobasal      |

Diese Nomenklatur berücksichtigt die zahlreichen Variationsmöglichkeiten und dürfte somit allen Anforderungen genügen.

#### IV. BEITRAG ZUR BRONCHOGRAPHIE

##### A. Die Kontrastmittel

Die Darstellung des Bronchialbaumes erfolgt heute mit dem hochviskösen, wasserlöslichen Joduron B (Cilag), das basierend auf einer schwedischen Grundidee 1948 am Röntgeninstitut der Universität Zürich eingeführt wurde. Joduron B ist ein Gemisch eines wasserlöslichen Jodsalzes (Diaethanolaminsalz der Dijodpyridon N-Essigsäure = Joduron) als kontrastgebende Substanz, und einer kolloidalen Lösung von wasserlöslicher Zellulose (Na-Salz des Glykolsäureäthers der Zellulose) als Verdickungsmittel.

Es zeigt einen gewaltigen Vorteil gegenüber den Jodölen (Jodipin, Lipiodol):

1. Die Ausscheidung erfolgt äusserst rasch, schon 20 bis 30 Minuten nach der Bronchographie lässt sich eine mit Kontrastmittel gefüllte Harnblase nachweisen. Nach 1 bis 2 Stunden können bereits auf den Thoraxkontrollaufnahmen keine Kontrastmittelresiduen mehr festgestellt werden (*F. K. Fischer*), währenddem das Lipiodol oft mehrere Monate, ja Jahre liegen bleibt und Störungen verursacht. Besonders in der Lungenchirurgie war dies ein grosser Nachteil, da Lobektomie bzw. Pneumektomie für lange Zeit unmöglich wurden. Es musste mit Beeinträchtigung der Lungenventilation während der Nar-

kose gerechnet werden und daher mit postoperativen Komplikationen. Das wasserlösliche, hochvisköse, raschresorbierbare, unschädliche Kontrastmittel Joduron B bietet deshalb gerade für die fortgeschrittene Thoraxchirurgie enorme Vorteile. Auch bei Lungentuberkulose war die Vornahme einer Lipiodolbronchographie geradezu ein Kunstfehler. Ebenso können jederzeit mit Joduron B anteoperationem gezielte Segmentfüllungen vorgenommen werden. Damit ist ein wichtiger Beitrag zur Darstellung erkrankter Lungensegmente entwickelt worden, demzufolge diagnostisch die Voraussetzung zur elektiven und schonenden Segmentresektion erweitert und erleichtert wurde (*Muelly, F. K. Fischer*).

2. Es fallen die Jodkontraindikationen weg bei Hyperthyreose, Jodüberempfindlichkeit, Kreislaufinsuffizienz, frischen Lungenprozessen, aktiver, vorwiegend exsudativer Tuberkulose, Hämoptoe und chron. Nierenleiden.
3. Es besteht eine gute Mischbarkeit mit den Körpersekreten, weshalb keine Fehlbilder entstehen.
4. Granulombildung scheint als Folge der Geweschädigung im Anschluss an die Bronchographie nicht oder nur selten vorzukommen.

## B. Bronchographietechnik

*Prämedikation:* Man verabreicht dem Patienten eine Stunde vor Ausführung der Bronchographie, je nach Körpergewicht, 3–5 Kapseln Nembutal (Pentobarbitalsodium zu 0.75 Grains pro Kapsel). Ferner spritzt man 15–20 Minuten vor Untersuchungsbeginn 0.5 mgr Atropin sulf. in Kombination mit 0.015 gr. Dicodid sc., um Schleimhautsekretion und Hustenreiz herabzusetzen. Während der Untersuchung selbst soll der Patient wach und leicht ansprechbar bleiben, da sonst wegen vertiefter Atmung Alveolenfüllung eintritt.

*Anästhesie:* Anästhesiert wird mittels Spraystößen am sitzenden Patienten, wobei dieser mit der linken Hand selbst die Zunge herauszieht. Der Patient soll dabei tief ein- und ausatmen, damit der Kehlkopfingang nebst Meso- und Hypopharynx mitanästhesiert wird. Das dabei verwendete Anästhetikum besteht aus 0.25% Pantocain + 0.25 Xylocain. Die Frage des Adrenalin-Zusatzes ist zur Zeit noch umstritten (*Keil und Lieten*). Man erreicht damit Unempfindlichkeit der Schleimhaut und Vertiefung der Anaesthesiewirkung. Ferner wird die Resorption des Anaesthetikums bei entzündlichen Veränderungen der Luftwege herabgesetzt, was zu toxischen Zwischenfällen führen könnte.

Für die tieferen Partien lungenwärts verwendet man eine Larynx-tupferspitze, wobei 5–6 ccm Pantocain-Xylocaingemisch notwendig sind. Es tritt dabei ein Hustenreflex auf, der die Verteilung des Anaesthetikums in Kehlkopf und Trachea begünstigt. Wenn die Anaesthesie sitzt, wird der Patient aufgefordert, sich mit dem Oberkörper nach der zu un-

tersuchenden Seite hinzuneigen, und es werden nochmals 1—3 ccm Lösung durch die Stimmritze eingeträufelt zur Anaesthesie des Hauptbronchus. Eventuell auftretende cerebrale Reizerscheinungen verschwinden sofort mit einer Injektion von Pentothalsodium (7,5 Grains).

#### *Einführung des Katheters und Anästhesie der Bronchien:*

Es werden Spezialkatheter von Métras verwendet, welche eine strahlenundurchlässige Spitze und verschiedene, den Krümmungen der Lappen- und Segmentbronchien angepasste Formen besitzen. Bei der Uebersichtsbronchographie wird nur der Oberlappenkatheter verwendet für das re. oder li. anteriore Lungensegment, während bei der gezielten Bronchographie zur Darstellung der einzelnen erkrankten Lungensegmente weitere Spezialkatheter verwendet werden. Die Katheter werden mittelst eines gebogenen Spezialmandrains in die Stimmritze eingeführt, so dass sie bei der Sondierung einzelner Segmentbronchi, die sich ungenügend füllen, leichter steuerbar sind.

#### *Lagerung des Patienten zur Bronchographie:*

In Boxer- oder Fechterstellung nach Einführung des Katheters in die Trachea.

Die zu untersuchende Seite liegt tiefer, um ein Ueberfließen des Kontrastmittels zu verhindern. Unter Durchleuchtungskontrolle wird der Métraskatheter in den Abgang des Oberlappenbronchus vorgeschoben und in leichter Kopftieflage werden ungefähr 2 ccm Pantocain-Xylocaingemisch injiziert. Hierauf erfolgt die Aufrichtung des Kipptisches, und es werden noch weitere 2—3 ccm eingeführt, nachdem der Katheter in den Hauptbronchus zurückgezogen worden ist. Damit gelingt eine ausgedehnte Anästhesie des Lungenmittel- und Untergeschosses. Nach kurzem Zuwarten bringt man den Katheter wieder in seine Ausgangslage in die Oberlappenabzweigung zurück.

#### *Kontrastfüllung und Aufnahmetechnik:*

Zur Darstellung einer Lunge sollte, ausser bei schwersten Veränderungen, 20 ccm Joduron B genügen. Man beginnt mit der Injektion in mässiger Kopftieflage langsam, damit der inspiratorische Sog des Oberlappens sich auswirken kann. Der Ueberschuss läuft in den Hauptbronchus und wird vom inspiratorischen Sog des Mittel- und Unterlappens übernommen. Das geschieht alles unter Durchleuchtungskontrolle. Die einzelnen Füllungsphasen lassen sich im Bild festhalten (*Serienbronchographie*). Von besonderer Wichtigkeit ist die Seitenaufnahme, die allein imstande ist, bei schwierigen Verhältnissen über die Lage der Segmentbronchi Aufschluss zu geben. Nach der Beendigung der Bronchographie wird der Patient sofort aufgesetzt, der Katheter entfernt und durch Hustenlassen wird der grösste Teil des Mittels ausgespuckt.

Eine Nachbehandlung ist im allgemeinen nicht notwendig. Man soll aber den Patienten erst nach Ablauf einer Stunde und nur in Begleitung nach Hause lassen.

### *Indikation zur Bronchographie:*

Chronische Bronchitis.

Früherfassung von Lungentumoren der Mantelzone, welche bronchoskopisch nicht erfasst werden können.

Nach thoraxchirurgischen Eingriffen (Pneumektomie, Segmentektomie).

Resthöhlen mit inneren und äusseren Bronchusfisteln.

Tuberkulöse Prozesse.

### *Kontraindikation:*

Chronische Nierenleiden.

Akut fieberhafte Prozesse.

Kontrastmittel Idiosynchasie.

Hämoptye.

Lungenabszess und Gangrän.

## V. ALLGEMEINER UEBERBLICK UEBER DIE AUFTHEILUNGS- FORMEN DER BRONCHIEN UND VARIATIONEN DER SEGMENTBRONCHIEN

Man unterscheidet heute drei Aufteilungsformen der Bronchien:

1. den dendroiden Typ (Baumtyp) = magistraler T. (*Melnikoff*)
2. den thamnoiden Typ (Strauchtyp) = Zerstreuungstyp T. (*Melnikoff*)
3. den Mischtyp (*Herrnheiser*).

*Herrnheiser*, der die Angaben *Melnikoff's* bestätigte, machte seine Untersuchungen ebenfalls zuerst wie jener am Gefäss-System der Lungen, und übertrug dann die Typisierung auf die Bronchien, da letztere ja gemeinsam mit den Arterien verlaufen.

Der dendroide Verzweigungstyp unterscheidet sich im Wesentlichen vom thamnoiden Verzweigungstyp im Vorhandensein eines gemeinsamen Wurzelstückes oder Stammes, von welchem die einzelnen Äste abgehen. Beim thamnoiden Verzweigungstyp ist dieser Stamm nur schwach ausgebildet und die Abzweigung erfolgt quirlförmig. Die Unterscheidung und Erkennung der beiden Verzweigungstypen ist aber sehr schwierig, da meistens Mischtypen vorliegen, wobei die Aufteilungsart vom Zentrum zur Peripherie ständig wechselt und ebenfalls auf beiden Lungenseiten unterschiedlich sein kann. Beim dendroiden Typ unterscheidet man einen dominierenden Hauptast, mit Seitenästen von geringerem Kaliber. Beim thamnoiden Typ hingegen fehlt die Hauptachse fast ganz, und die Seitenäste gehen fächerförmig mit annähernd gleichem Kaliber ab. Nach

*Herrnheiser* neigt speziell der thamnoiden Typ zu Variationen ( s. A b - b i l d u n g 5 ).



Abb. 5. Links: Dendroider Verzweigungstyp  
Rechts: Thamnoider Verzweigungstyp

Nach *Melnikoff* findet sich der thamnoiden Typ am linken Unterlappenbronchus, wo der Lappenbronchus scheinbar zu existieren aufhört, indem er sich in seine Aeste aufteilt. Der rechte Unterlappenbronchus soll sich hingegen nach dem dendroiden Typ aufteilen. Was die Systematisierung der Variationen des Bronchialbaumes anbetrifft, haben sich besonders *Herrnheiser* und *Boyden*, *Huizinga*, *Smelt*, *Hohn* und *Vieten* u. a. damit beschäftigt. Viele Untersuchungen betreffen das Gefäßsystem, wo die Varianten noch zahlreicher sind als am Bronchialbaum. An beiden Systemen wurde aber prinzipiell ein und dasselbe beobachtet (*Esser*).

#### *Ueberblick über die Grundformen der Varianten (nach Herrnheiser)*

##### 1. Ursprungsvarianten      3. Varianten der Zahl

- |                    |                        |
|--------------------|------------------------|
| a) Separationen    | a) Aplasien            |
| b) Fusionen        | b) Duplikationen       |
| c) Dislocationen   | c) Akzessorische Aeste |
| d) Transpositionen |                        |

##### 2. Kalibervarianten      4. Richtungsvarianten

##### 1. Ursprungsvarianten

Sie sind am wichtigsten und kommen am häufigsten vor. Man unterscheidet unter ihnen vier Gruppen:

- Separationen:** Aeste, die sonst gemeinsam miteinander entspringen, haben einen getrennten Ursprung, wobei sich verschiedene Kombinationen ergeben, wenn mehr als zwei Aeste gemeinsamen Ursprung haben ( s. A b b . 6 ).
- Fusionen:** Normalerweise getrennt verlaufende Aeste schliessen sich zusammen ( s. A b b . 7 ).



Abb. 6

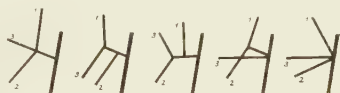


Abb. 7

- Dislocation:** Ein Ast ist zum Beispiel nach oben dislociert ( s. A b b . 8 ).

- d) **Transpositionen:** Der Ursprung eines Astes ist entweder zu einem Ast niedrigerer Ordnungszahl (proximale Tr.) oder zu einem höherer Ordnungszahl (distale Tr.) verlegt. Manchmal ist es schwierig zu entscheiden, ob zwei primäre Äste mit gemeinsamem Ursprung vorhanden sind oder aber, ob der eine sekundär aus dem anderen hervorgeht (s. Abb. 9).



Abb. 8



Abb. 9

## 2. Kalibervarianten

Sie sind oft mit andern Variationen kombiniert. Nur starke Differenzen sind beachtenswert, denn geringe Kaliberschwankungen sind zulässig.

## 3. Varianten der Zahl

- Aplasie:** Völliges Fehlen eines Astes.
- Echte Duplikation:** ist selten. Häufig findet man, dass ein Sub-Segmentbronchus parallel zu einem andern Segmentbronchus verläuft, und einen Teil seines Versorgungsgebietes übernimmt.
- Akzessorische Äste:** sind überzählige, gewöhnlich sehr kleine Äste.

## 4. Richtungsvarianten

Richtungsvarianten hängen oft mit Form und Grösse der Lappen zusammen.

Von allen angegebenen Abweichungen sind die Ursprungsvarianten die häufigsten. Sie erschweren, einen Normaltyp aus den zahlreichen Abweichungen herauszufinden, was zu grossen Meinungsverschiedenheiten in der Literatur führt.

# VI. DIE AUFTEILUNG DES BRONCHIALBAUMES IM BRONCHOGRAMM

Da heute die Bronchographie zum wichtigsten diagnostischen Hilfsmittel der modernen Thoraxchirurgie geworden ist, muss man, wie schon erwähnt, mit der Anatomie des Bronchialbaumes gut vertraut sein. Um aber die Bronchogramme richtig interpretieren zu können, ist es empfehlenswert, die vorkommenden Variationen zu kennen. Dasselbe gilt für die Diagnosesstellung der segmentären Lungenprozesse.

Am wichtigsten ist für uns die topographische Anatomie der Segmentbronchi, welche die Lungensegmente versorgen. Auf Grund der in-

ternationalen Nomenklatur wurden erstere mit Zahlen versehen, mittelst welchen sie hauptsächlich auf dem Röntgenbild und auf Skizzen leichter und schneller erkannt werden können. Im Vergleich zum Gefäßsystem mit seinen unendlich mannigfaltigen zentralen Aufzweigungsarten sind die am Bronchialbaum vorkommenden Variationen wesentlich starrer und prägnanter, so dass sie sich besser schematisieren lassen.

Indem die verschiedenen Darstellungen des Bronchialbaumes durch andere Autoren (*Boyden, Schmid, Esser, Huizinga, Hohn und Vieten*) zum Vergleich herangezogen werden, soll in der folgenden Arbeit versucht werden, auf Grund des Bronchographiematerials des Röntgeninstitutes der Universität Zürich, ein Schema der Segmentbronchi aufzustellen, wobei die Frage aufgeworfen werden soll, welches die normale Aufteilungsform der Bronchien und welches ihre Variationen seien. Auf die Variationen der Subsegmentbronchi wird dabei nicht eingegangen, da sie für die Praxis meist ohne Bedeutung sind.

Von den in den letzten Jahren (1948—51) ausgeführten Bronchographien konnten für unsere Untersuchungen nur 420 geeignete verwendet werden. Die Aufteilung des Bronchialbaumes wurde an ihnen studiert, wobei 233 mal der Bronchialbaum der rechten Lunge und 193 mal der Bronchialbaum der linken Lunge teils ganz teils partiell dargestellt wurden. Aus diesem Grunde betrachten wir nicht die linke und rechte Lunge als Ganzes, sondern die Lappen der rechten und linken Seite gesondert, mit den ihnen entsprechenden Segmentbronchi. Die Untersuchungen der rechten Lunge umfassen:

- 195 Oberlappen-Bronchogramme
- 199 Mittellappen-Bronchogramme
- 200 Unterlappen-Bronchogramme

diejenigen der linken Lunge:

- 173 Oberlappen-Bronchogramme
- 159 Lingula-Bronchogramme
- 159 Unterlappen-Bronchogramme

Um die Lage der Segmentbronchi klar beurteilen zu können, sind Aufnahmen in verschiedenen Ebenen notwendig. Die Segmentbronchi der rechten Lunge kommen am besten bei Bildern, die im zweiten schrägen Durchmesser aufgenommen wurden, zur Darstellung. Eine d. v. Aufnahme ist nur angezeigt, wenn der cardiale Segmentbronchus speziell beurteilt werden soll. Die linke Seite wird im ersten schrägen Durchmesser aufgenommen. In jedem Fall soll noch eine seitliche Aufnahme gemacht werden. Die Diagnosestellung auf Grund eines einzigen Bildes genügt, wie schon erwähnt, nicht, da selten alle Bronchialäste auf einmal zur Darstellung kommen. Man bedient sich deshalb der Serienbronchographie unter Durchleuchtungskontrolle, wobei Bilder verschiedener Bronchialabschnitte in optimalem Füllungszustand angefertigt werden können (*F. K. Fischer, Huizinga und Smelt*).

### *Der rechte Oberlappenbronchus*

Der rechte Oberlappenbronchus zweigt im Allgemeinen 1—3 cm unterhalb der Bifurkation der Trachea vom rechten Hauptbronchus ab. Der Abgangswinkel beträgt annähernd 90 Grad, und nach kurzem frontalem Verlauf teilt er sich meistens auf gleicher Höhe in seine drei Äste auf, die Oberlappensegmentbronchi. Es liegt somit eine Trifurkation vor. Der apikale Segmentbronchus (1) entspringt vom oberen Rand des Lappenbronchus, ca. 2—3 cm nach dessen Abgang aus dem rechten Hauptbronchus. Er nimmt seinen Verlauf zum apikalen Segment annähernd senkrecht nach oben mit leichter Tendenz nach lateral. Nach *Esser* und *Boyden* teilt er sich in der Mehrzahl der Fälle in einen apikalen und anterioren Subsegmentbronchus (Br. 4. Ordnung). *Grand-gérard* und *Weber* nennen sie Ramus anterior und posterior. *P. Ch. Schmid* sieht 3 Subsegmentbronchi, nämlich einen R. lateralis (axillären), R. anterior und posterior.

Der posteriore Segmentbronchus (2) zweigt nach hinten ab. Er steigt leicht nach cranial an und verläuft ungefähr im rechten Winkel zum apikalen Segmentbronchus. Er ventilert das posteriore Lungensegment. Nach *Boyden* erfolgt eine Zweiteilung in einen apikalen und posterior lateralen Subsegmentbronchus. *P. Ch. Schmid* findet drei Bronchi vierter Ordnung (R. lateralis, R. superior und R. inferior). Ebensolcher Ansicht sind *Grand-gérard* und *Weber* mit anderer Bezeichnung, nämlich R. posterior, ascendens und externus.

Der anteriore Segmentbronchus (3) zweigt dem normalen Ast entgegengesetzt ab und zieht nach vorne und lateral zum anterioren Lungensegment. Kurz nach seinem Abgang findet eine Verästelung statt in einen R. superior und R. inferior, die beide nach vorne verlaufen (*Grand-gérard*, *Hohn* und *Vieten*). *P. Ch. Schmid* sieht den Verlauf der Bronchi vierter Ordnung anders und nennt sie R. anterior und R. lateralis (axillaris), ebenso *Boyden*.

### *Variationen der rechten Oberlappensegmentbronchi*

Wie schon oben angeführt, findet man beim Studium des Bronchogramms weitaus am häufigsten die Trifurkation des Oberlappenbronchus in den apikalen, posterioren und anterioren Ast. Diese zweigen auf gleicher Höhe vom Lappenbronchus ab und verlaufen getrennt nach ihren Bestimmungsorten (s. Abb. 10). Das Ergebnis unserer Untersuchungen stimmt mit den Ansichten von *Herrnhaiser*, *Huizinga*, *Esser* u. a. überein. Ein anderer Schluss zieht *Boyden* bei der anatomischen Untersuchung von 50 Lungen. Er stellt nämlich fest, dass Bifurkationen des rechten Oberlappenbronchus häufiger sind als Trifurkationen, und begründet dies damit, dass, wie schon *Ewart* vor 60 Jahren festgestellt hat, die Trifurkation sich aus der Bifurkation entwickelte. Dies sei nur erwähnt, um zu zeigen, wie die autoptische Untersuchung zu andern Re-

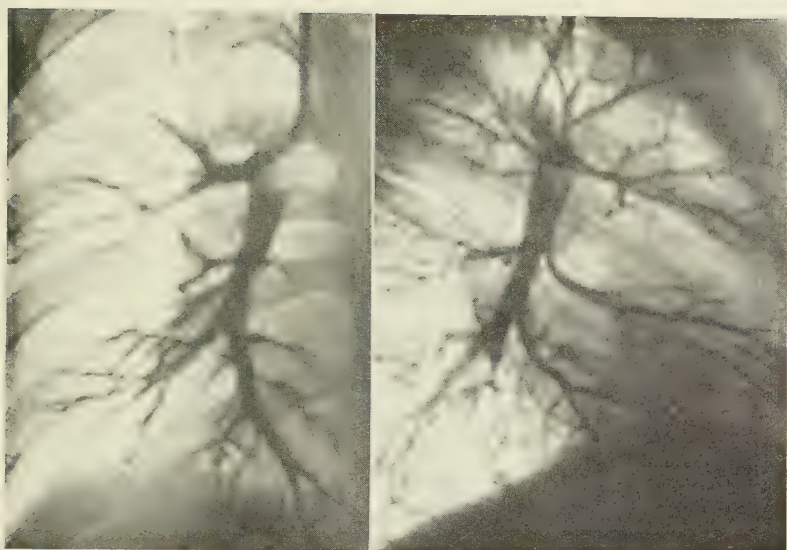


Abb. 10 Normales rechtseitiges Bronchogramm eines 29jährigen Mannes. Trifurkation des Oberlappenbronchus in den apikalen (1), posterioren (2) und anterioren (3) Segmentbronchus.

sultaten führt als die Röntgenuntersuchung *in vivo*. Da die Trifurkation des rechten Oberlappenbronchus bei der röntgenanatomischen Studie zahlenmässig dominiert, darf man daraus den Schluss ziehen, dass dies die normale Aufteilungsform ist, und die übrigen Verzweigungsarten somit lediglich *Variationen* darstellen.

Es seien hier als erste genannt die *Bifurkationen*, die durch Fusion zweier Segmentbronchi entstehen, wobei sich der fusionierte Ast sofort wieder aufgabelt. So können der *apikale* (1) und der *posteriore* (2) Segmentbronchus recht häufig gemeinsam aus einem Stamm entspringen, währenddem der *anteriore* Ast einen isolierten Ursprung hat. Nach *Grandgérard* und *Weber* wird das gemeinsame Wurzelstück «*Tronc apicodorsal*» genannt. *Chatton* und *Maleki*, *Huizinga*, *Esser* u. a. haben diese Variation ebenfalls gefunden. Diese Anordnung der Segmentbronchi entspricht, wie wir später sehen werden, der normalen im linken Oberlappen.

In weniger zahlreichen Fällen kommt es vor, dass der *apikale* (1) und der *anteriore* (3) Ast gemeinsamen Ursprungs sind (s. Abb. 13). Die Fusion des *posterioren* (2) und *anterioren* (3) Segmentbronchus konnten wir auf Grund unseres Materials nicht feststellen, in der Literatur hingegen wird sie beschrieben. (*Lucien*, *Grandgérard* und *Weber*, *Herrnheiser*). Auch von anatomischer Seite her

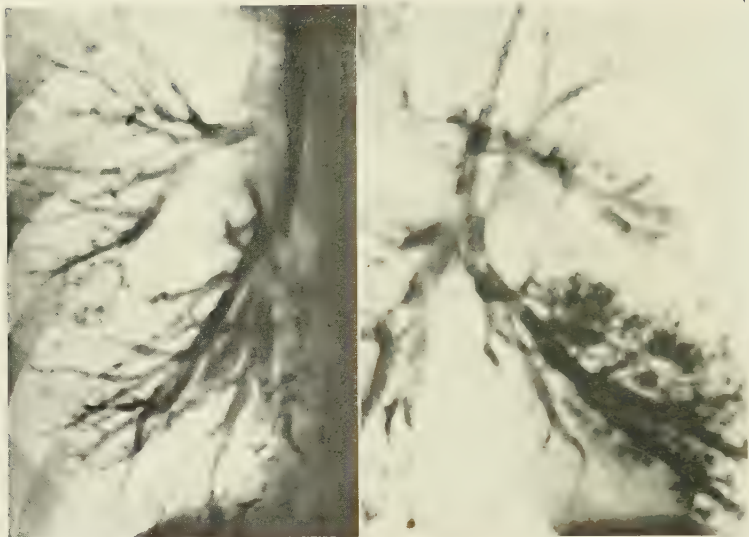


Abb. 13 Rechtseitiges Bronchogramm eines 47jährigen Mannes. Der ganze Bronchialbaum ist ausgesprochen plump. Variation: Gemeinsamer Ursprung des apikalen (1) und anterioren (3) Segmentbronchus vom rechten Oberlappenbronchus.

wird dies bestätigt, allerdings auch nur in sehr seltenen Fällen (*Boyden*).

Das Vorkommen von echten Bifurkationen, wobei ein Segmentbronchus und somit auch ein Segment des rechten Oberlappens fehlt, können wir nicht in einem einzigen Fall bestätigen. *Huizinga* fand solche Fälle, betont aber, dass sie äusserst selten sind. *P. Ch. Schmid* beschreibt einen Fall, wo anstelle des apikalen Segmentbronchus je ein apikaler Subsegmentbronchus aus dem posterioren und anterioren Ast entspringen, die das apikale Segment versorgen. In diesem Fall erfahren aber die Segmente des Oberlappens keine Reduktion in der Zahl, obwohl röntgenologisch eine Bifurkation besteht. Es handelt sich hier eher um eine distale Transposition, wobei der apikale Ast sich aufteilt und als Nebenast vom posterioren und anterioren Segmentbronchus erscheint. Praktisch ist nicht von Bedeutung, welche der obgenannten Fusionen vorliegt, denn die Aufteilung des Oberlappens in Segmente bleibt dieselbe.

Nur einmal können wir das Vorkommen eines selbständigen axillären Segmentbronchus bestätigen. In diesem Ausnahmefall findet sich deshalb ein selbständiges axilläres Segment. Zugunsten eines derartigen Segmentes sprechen nämlich isolierte pathologische Prozesse in diesem Bereich. *Cocchi* und *Di Guglielmo* finden den selbständigen axillären Ast ebenfalls nur selten. In der überwiegenden

Mehrzahl sind axilläre Subsegmentbronchi vorhanden, die vom posterioren und anterioren Ast ihren Ursprung haben, wobei sie lateralwärts verlaufend zwei nebeneinander liegende axilläre Segmentabschnitte versorgen. (*Cocchi*). Diese Aeste können sehr stark entwickelt sein. Mitunter besteht im Oberlappen nur ein axillärer Subsegmentbronchus, der entweder vom anterioren oder vom posterioren Segmentbronchus abgeht.

*P. Ch. Schmid* u. a. lehnen sogar den selbständig entspringenden axillären Segmentbronchus ab. *Schmid* sagt hierbei, dass diese Annahme nur durch Irreführung des seitlichen Bronchogramms zustande komme, und zwar ist auf der seitlichen Aufnahme ein helles Oval mitten in der Abgangsstelle der drei Segmentbronchi sichtbar. Es handle sich dabei aber nur um den orthograd getroffenen Oberlappenstammbronchus. Einige Autoren behaupten, dass der rechte Oberlappenbronchus sich üblicherweise immer vierteile, in einen apikalen, posterioren, anterioren und axillären Ast, und befürworten das regelmässig vorhandene, selbständige axilläre Segment. *Hohn* und *Vieten* fanden z. B. unter 108 rechten Oberlappenbronchogrammen in der Mehrzahl den selbständigen axillären Ast. Auf der linken Seite fanden sie ihn jedoch nur einmal auf 99 Oberlappenbronchogramme. Zusammenfassend kann man sagen, dass die grosse Variabilität der axillären Aeste auf keinen Fall die Einordnung in eine für die tägliche Routine geschaffene Nomenklatur gestattet (*Schinz-Baensch-Friedl-Uehlinger*), denn um zu einer dieser Behauptungen Stellung nehmen zu können, müsste in jedem einzelnen Bronchogramm eine gezielte Füllung der axillären Aeste bis in die Alveolen ausgeführt werden. Dann erst könnten wir beurteilen, in wieviel Fällen sich

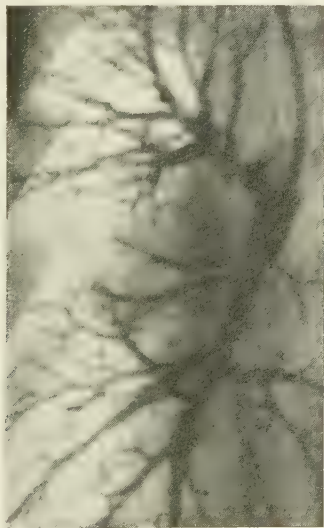


Abb. 12 Normales rechtseitiges eines 65-jährigen Mannes. Variation: Doppelter Abgang des apikalen (1) Segmentbronchus.

# Vergleichende Nomenklatur

| Lobus                   | Nr. | Ewart 1889                  | Hasse 1892                                                         | Kramer und Glass 1932                         | Nelson 1934                                      | Grandgérard u. Weber 1935              | Herrnheise 1936             |
|-------------------------|-----|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------|
| Rechter Oberlappen      | 1   | apikal                      | Br. eparter.<br>ram. apical                                        | apikal                                        | apikal                                           | apikal                                 | apikal                      |
|                         | 2   | posterior                   | ram. posterior                                                     | paravertebr.                                  |                                                  | dors, sup.<br>parabronch.<br>ext. 1    |                             |
|                         | 3   | pectoral                    | ram. anterior                                                      | anterior                                      | pektoral                                         | ventral sup.                           | pectoral                    |
|                         |     | axillar                     |                                                                    | axillar                                       | axillar                                          |                                        | axillar                     |
| Linker Oberlappen       | 1+  | wie rechts                  | Br. hyparter.<br>ventral. 1 ram.<br>apicis<br>ant.-post.           | wie rechts                                    | apico-<br>axillar                                | wie rechts                             | wie rechts                  |
|                         | 2   |                             |                                                                    |                                               |                                                  |                                        |                             |
|                         | 3   |                             |                                                                    |                                               | pectoral                                         |                                        |                             |
|                         | 4   | wie rechter<br>Mittellappen | ram. ant.                                                          | wie rechter<br>Mittellappen                   | ventral                                          | wie rechter<br>Mittellappen            | wie rechter<br>Mittellappen |
| Rechter<br>Mittellappen | 4   | pektoral                    | Br. hyparter.<br>ventral. 1 ram.<br>lat.                           | anterior                                      | mittel                                           | ventr. moy.                            | ram. costal                 |
|                         | 5   | axillar                     | ram. anterior                                                      | axillar                                       |                                                  | parabronch.<br>ext. 2                  | r. cost. axil.              |
| Unterlappen             | 6   | apikal                      | Br. hyparter.<br>dorsal 1                                          | apikal                                        | dorsal                                           | dorsal inf. 1                          | apico-horiz.                |
|                         | 7   | infracardial                |                                                                    | medialis                                      | cardial                                          | infracardial                           | basal. ant.                 |
|                         | 8   | ant. basal                  | Br. hyparter.<br>ventr. 2                                          | ant. basal                                    | ant. basal                                       | ventr. inf. 1                          | axillo-basil.<br>ant.       |
|                         | 9   | axillar                     | Br. hyparter.<br>ventr. 3<br>(links: Br.<br>hyparter.<br>ventr. 4) | Teil von<br>ant. bas.<br>+ paraver-<br>tebral | axillo-basilar                                   | ventr. inf. 2                          | axillo-basil.<br>post.      |
|                         | 10  | subapikal<br>+ post. basal  | Br. hyparter.<br>dors. 2—4<br>+ Br. termin.                        | postero-<br>basal                             | Teil von<br>axillo-basil.<br>+ postero-<br>basal | ventr. inf. 3<br>+ bouquet<br>terminal | basilaris<br>post.          |

# r Segmentbronchi der Lungen

(Zusammenstellung von Prof. U. Cocchi)

| Quoma u.<br>os 1938        | Huizinga<br>1938  | Di Rienzo<br>1941     | Jackson u.<br>Huber 1943 | Lucien u.<br>Beau 1946             | Internat. H.N.O.<br>Kongress<br>London 1946 | Schmid<br>1950   | Hohn u.<br>Vietsen 1950       |          |
|----------------------------|-------------------|-----------------------|--------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------|------------------|-------------------------------|----------|
| apikal                     | apikal            | apikal                | apikal                   | apikal                             | apikal                                      | apikal           | Ram. cran.<br>apical.         | 1        |
| rs.sup.                    | axillar           | posterior<br>axillar  | posterior                | dorsal                             | posterior                                   | dorsal           | Ram. cran.<br>dorsal          | 2        |
| tr. sup.                   | pectoral          | anterior              | anterior                 | ventral                            | anterior                                    | pectoral         | Ram. cran. ventr.             | 3        |
|                            |                   | axillar               |                          |                                    |                                             |                  | Ram. cran. axill.             |          |
| e rechts                   | apico-<br>dorsal  | apico-<br>axillar     | apico-<br>post.          | pédicule<br>apical +<br>dors. sup. | apico-<br>posterior                         | apico-<br>dorsal | wie rechts                    | 1 +<br>2 |
|                            | pectoral          |                       | anterior                 |                                    | anterior                                    | pektoral         |                               |          |
| e rech-<br>Mit-<br>lapp.   | superior          | superior              | sup.<br>lingular         | antero-<br>interne                 | superior lingular                           | superior         | Ram. cran.<br>lingul. axillar | 4        |
|                            | inferior          | inferior              | ant. ling.               | post ext.                          | inferior lingular                           | inferior         | R. cran. ling. ventr          | 5        |
| tr.<br>oy.                 | lateral           | lateral               | lateral                  | antero-<br>interne                 | lateral                                     | lateral          | Ram. med.<br>axillar          | 4        |
|                            | medial            | anterior              | med.sup.                 | post.ext.                          | medial                                      | medial           | Ram. med. ventr.              | 5        |
| rs.<br>oy.                 | sup.dors.         | dorsal                | superior                 | dors.moy.                          | apikal                                      | apikal           | Ram. caud.<br>apical          | 6        |
| ra-<br>rdial               | cardial           | mediast.              | medio-<br>basal          | infracard.                         | cardial (nur<br>rechts)                     | cardial          | Ram. caud.<br>cardiac.        | 7        |
| tr.<br>f.                  | antero-<br>basal  | anterior              | ant.basal                | ventro-<br>basal                   | antero-<br>basal                            | ventral          | Ram. caud.<br>ventr. I+II     | 8        |
|                            | antero-<br>basal  | lateral               | latero-<br>basal         | latero-<br>basal                   | antero-basal                                | axillar          | Ram. caud.<br>ventr. III      | 9        |
| rs.inf.<br>termi-<br>basal | postero-<br>basal | posterior<br>+ kaudal | postero-<br>basal        | dorso-<br>basal                    | postero-basal                               | dorsal           | Ram. caud.<br>dors. I—III     | 10       |

ein selbständiges, axilläres Oberlappensegment finden liesse. Die Tabelle der vergleichenden Nomenklatur zeigt schematisch zusammengestellt die Uneinheitlichkeit der Auffassungen (s. Abb. 11). Eine weitere Spielart äussert sich darin, dass eine Verdoppelung des apikalen Segmentbronchus stattfindet (s. Abb. 12). Allerdings ist dies nur selten der Fall. Auch in der Literatur werden solche Duplikationen als seltene Vorkommnisse beschrieben (*Herrnheiser*). Die Schemata der Abb. 14 geben die von uns beobachteten Oberlappenvariationen mit Angabe der Häufigkeit wieder. Andere Variationen im Bereiche des rechten Oberlappens, die wir im Rahmen unserer Arbeit nicht feststellen konnten, aber von andern Autoren angeführt werden, möchten wir der Vollständigkeit halber hier erwähnen.



Abb. 14

Gelegentlich kann der apikale Ast des Oberlappenbronchus aberrieren und seitlich aus der Trachea entspringen, kurz vor der Bifurkation, wobei der rechte Oberlappenbronchus sowohl eine Zweiteilung als auch eine Dreiteilung aufweisen kann. (Nach *Herrnheiser* wird diese Aberrierung proximale Transposition genannt.) Ferner kann der anteriore Ast aus dem Mittellappenbronchus entspringen. Diese Anordnung ist hingegen im linken Oberlappen nicht ungewöhnlich, wobei der anteriore Ast dann seinen Ursprung aus dem Lingulabronchus nimmt.

### *Der Mittellappenbronchus*

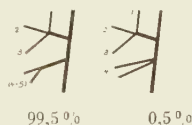
Der Stammbronchus bildet die Fortsetzung des rechten Hauptbronchus. Ungefähr 3 cm distalwärts vom rechten Oberlappenbronchus entspringt daraus der Mittellappenbronchus. Dieser verläuft nach ventral und caudal, das Wurzelstück seiner zwei Segmentbronchi bildend, die ca. 2 cm nach seinem Abgang aus dem Stammbronchus von ihm abzweigen. Der laterale Segmentbronchus zeigt lateralen Verlauf mit geringer caudaler Tendenz und ventilert das laterale Segment. Der mediale Segmentbronchus hingegen ist mehr ventro-lateral gerichtet und strebt stark caudalwärts, das mediale Mittellappensegment versorgend. Verglichen mit der linken Lungenseite, entspricht der laterale Segmentbronchus dem superioren Lingulaast, der mediale dagegen dem inferioren Lingulaast; beide gehören anatomisch dem linken Oberlappen an. Der Unterschied der Lage und somit der Benennung lässt sich entwicklungsgeschichtlich

so erklären, dass der Mittellappenbronchus eine Achsendrehung gegen den Uhrzeiger erfuhr (*Schmid*). Die Verästelung der beiden Segmentbronchi variiert stark und ist abhängig von der Grösse der Segmente. Ist das laterale Segment von grossem Ausmass, so sind zwei Subsegmentbronchi, ein anteriorer und ein posteriorer vorhanden. Ist es klein, so fehlt der posteriore. Der mediale Segmentbronchus teilt sich in einen superioren und inferioren Ast, wobei letzterer sehr klein sein oder fehlen kann (*Esser*).

### *Die Variationen der Mittellappensegmentbronchi*

Die Variationen im Mittellappenbereich sind sehr selten und kaum von Bedeutung (s. Abb. 15). Nur in einem Fall konnten wir bei der Kontrastmitteldarstellung eine Abweichung feststellen, indem der laterale und der mediale Segmentbronchus auf gleicher Höhe getrennt vom rechten Stammbronchus abgehen, und der eigentliche Mittellappenbronchus als gemeinsames Wurzelstück nicht ausgebildet war. Bei allen übrigen 198 Mittellappenbronchogrammen war der gemeinsame Stamm immer vorhanden. Andere Autoren wie *Esser*, *Schmid*, *Grandgérard*, haben überhaupt keine Variationen der Bronchi im Mittellappenbereich gefunden. *Huizinga* und *Smelt* sind sich aber einig, dass, wie wir in einem Fall veranschaulichen können, in seltenen Fällen Abweichungen möglich sind. Neben den üblichen zwei Segmentbronchi können nämlich noch zusätzliche superiore und inferiore Aeste vorhanden sein (*Pothoven* und *Huizinga*, *Hohn* und *Vieten*). Ferner beschreiben andere eine Trifurkation des Mittellappenbronchus. Diese könnte allerdings durch schnelle Teilung eines Segmentbronchus vorgetäuscht werden, was in Wirklichkeit nach *Boyden* nur in zwei Prozent vorkommt. Mehrere Autoren beschrieben das Fehlen des Mittellappenbronchus und somit auch des Mittellappens. Gelegentlich entspringe der Mittellappenbronchus aus dem Oberlappenbronchus; in diesen Fällen hat der gemeinsame Lappenbronchus einen etwas tieferen Ursprung vom Hauptbronchus. Letzterer ist daher abnorm lang, da der eigentliche Stammbronchus fehlt (*Huizinga* und *Smelt*).

Abb. 15 Rechts: Seltene Variation, Abgang der Mittellappen-Segmentbronchien direkt vom re. Stammbronchus. Links: normaler Abgang.



### *Die Segmentbronchi des rechten Unterlappens*

Der rechte Unterlappenbronchus bildet die Fortsetzung des rechten Hauptbronchus. Er verläuft nach dorsal leicht lateral gerichtet zur Lungenbasis. Ueber seine Aufteilung in die Segmentbronchi herrscht noch heute in der Literatur eine gewisse Unklarheit. Erstens bezieht sich diese auf die Anzahl der abgehenden Aeste, zweitens ist die Deutung im Bron-

chogramm oft recht schwierig, da sich im d-v-Bild die Aeste stark überschneiden und eine seitliche Aufnahme deshalb unerlässlich ist. Drittens besteht eine weitere Schwierigkeit in der stark unterschiedlichen Nomenklatur. Die neuere Literatur, welche sich in der Mehrzahl nach der internationalen Nomenklatur richtet, unterscheidet fünf Unterlappensegmentbronchi. Eine Ausnahme machen *Hohn* und *Vieten*, die heute noch nach eigener Einteilung 3 Aeste für den rechten Unterlappen beschreiben.

Als erster Segmentbronchus zweigt der apikale (6) vom Lappenbronchus ab. Er entspringt ungefähr auf gleicher Höhe wie der Mittellappenbronchus. Schon nach kurzem (0,5 cm langem) Verlauf teilt er sich in drei Nebenäste auf (medial, lateral, superior). Im d-v-Bronchogramm ist der orthograd getroffene Segmentbronchus nur als ovale Aufhellung sichtbar; erst im seitlichen Röntgenbild kann man seinen dorsal-horizontalen Verlauf klar erkennen. Der apikale Ast versorgt das apikale Unterlappensegment, auch *Fouler'sche Spitze* genannt. Dieses unterscheidet sich von den übrigen Segmenten dadurch, dass es durch Auftreten eines akzessorischen Lappenspaltes zu einem selbständigen Lobus posterior werden kann. Die rechte Lunge besitzt so, der alten Auffassung *Nelson's* entsprechend, in diesem Falle vier Lappen. *Déré* machte im Jahre 1900 zum ersten Mal auf diese Spaltbildung aufmerksam und fand sie in 20% seiner Fälle.

*Pierret*, *Devos*, *Coulouma* u. a. nennen die Lappenbildung «lobe moyenne dorsale». Die Spaltung in Unterlappen findet sich rechts häufiger als links (*Esser*).

Der cardiale Ast (7) zweigt ca. 0,5—1,5 cm unterhalb der Abgangsstelle des Mittellappenbronchus, als einziger nach medio-ventral ab. Er ist im Bronchogramm vor allem in der d-v-Aufnahme und im zweiten schrägen Durchmesser (hier allerdings weniger deutlich) als ventral konvexer Bogen sichtbar. Meist gabelt er sich in zwei Subsegmentbronchi auf. Er ventiliert das cardiale Segment oder den selbständigen Lobus cardiacus, wenn ersteres durch eine akzessorische Spaltbildung im Unterlappen abgegrenzt wurde. Der Lobus cardiacus ist nach *Pot-hoven* und *Huizinga* in 75% der Fälle vorhanden.

Der anterobasale Segmentbronchus (8) nimmt seinen Ursprung 1–2 cm unterhalb des Abgangs des cardialen Bronchialastes, und verläuft dabei nach vorne, lateral abwärts.

Der laterobasale (9) sowie der posterobasale (10) Ast entspringen auf gleicher Höhe vom Unterlappenbronchus (ca. 1,5 cm unterhalb des 8) und erscheinen im d-v-Bronchogramm als Bifurkation. Ersterer zeigt latero-caudalen Verlauf mit deutlicher Dorsalneigung, letzterer bildet die eigentliche Fortsetzung des Unterlappenbronchus und behält dessen Richtung bei. Er verläuft ebenfalls latero-caudal mit stark dorsaler Neigung. Jeder der drei Segmentbronchi weist variable Verästelungen auf, meist deren 1 bis 2, und ventilieren ein ihnen entsprechendes Unterlappensegment.

## Variationen der Segmentbronchi des rechten Unterlappens

Für die Untersuchung standen uns 200 rechte Unterlappenfüllungen zur Verfügung. Wir können dabei die oben beschriebene Anordnung der Segmentbronchi als «normal» anführen, da sie in 136 Fällen, also in überwiegender Mehrzahl vorhanden ist.

Als häufigste Variation des rechten Unterlappens stellten wir das Fehlen des cardialen Segmentbronchus (7) fest. *Huizinga* und *Smelt* sind auf Grund ihrer Untersuchungen zur selben Ueberzeugung gelangt. Auch nach andern Autoren wie *Rap* fehlt der cardiale Segmentbronchus in 20% der Fälle. *Hohn* und *Vieten* nennen diesbezüglich keine Zahlen, fügen aber an, dass bei ihren Untersuchungen dieser Ast sehr unterschiedlich auftritt. Im Gegensatz dazu soll nach anatomischen Untersuchungen (*Boyden*) ein cardialer Segmentbronchus immer vorhanden sein. Er entspringt jedoch in 14% der Fälle vom anterobasalen Ast (*Boyden*).

Ferner konstatieren wir, dass der antero- und laterobasale Segmentbronchus gemeinsam entspringen können (8+9), jedoch weniger häufig als die zuerst genannte Variation (1,5%). Auch *Huizinga* bezeugt das Vorkommen dieser Variation (7 auf 100 Fälle). Nach *Narath* soll gerade für die menschliche Lunge das Verschmelzen dieser beiden Ventralknospen typisch sein. Die Abweichung wird auch von *Hohn* und *Vieten* erwähnt. Nur verwenden sie für die Unterlappen-segmentbronchi eine andere Nomenklatur, indem sie sie in dorsale und ventrale Aeste einteilen (vergleiche Tafel). (Verschmelzung von V<sub>2</sub> und V<sub>3</sub>). Das Vorhandensein eines subapikalen Astes 1—2 cm unterhalb des apikalen Bronchus haben wir nur in einem Fall beobachtet. Nach *F. K. Fischer* soll dieser Ast häufig vorhanden sein. *Huizinga* aber fand ihn auch wie wir nur ausnahmsweise. Abb. 16 gibt die von uns beobachteten Varianten mit Angabe der Häufigkeit wieder. Andere Abweichungen der normalen Aufteilung des Unterlappenbronchus, wie sie von einigen Autoren noch beschrieben wurden, haben wir bei unseren Untersuchungen nicht berücksichtigt, weil die Meinungen darüber zu stark divergieren und somit für die Auswertung des Bronchogramms kaum von Bedeutung sind. Es sind dies:

1. Das Fehlen des anterobasalen Segmentbronchus (*Huizinga* und *Smelt*), wobei dieser schon von Natur aus immer weniger kräftig ausgebildet ist als der posterobasale.
2. Der gemeinsame Ursprung des cardialen und anterobasalen Segmentbronchus (*Melnikoff*, *Weber*, *Boyden*).
3. Der Sonderfall, wo der anterobasale Ast aus dem Mittellappenbronchus entspringt (*Huizinga*).
4. Die Beschreibung einiger wenigen Fälle, bei denen der posterobasale Ast als Subsegmentbronchus vom latero-basalen Ast entspringt.

Abb. 16



### Die Segmentbronchi des linken Oberlappens

Der linke Oberlappen zeigt weitgehende Differenzen gegenüber rechts in der Anordnung der Bronchien. Der Oberlappenbronchus geht gemeinsam mit dem Unterlappenbronchus aus einer Bifurkation des linken Hauptbronchus hervor. Nach kurzem Verlauf teilt er sich erneut in zwei starke Aeste auf, und zwar in den eigentlichen Oberlappenbronchus, der nach oben abgeht, und einen unteren Ast, dem Lingulabronchus, der auf der rechten Lungenseite dem Mittellappenbronchus entspricht. Wie schon Ewart betonte, hat der linke Oberlappen keine Sonderstellung, da beide Lungen homolog sind. Daraus folgt, dass die Lingula, obwohl sie anatomisch dem linken Oberlappen angehört, dem rechten Mittellappen entspricht. Der Lingulabronchus versorgt mit den zwei Aesten, die sich aus ihm aufteilen, nämlich dem superior- und inferior-lingulären Segmentbronchus (4+5), das Lingulasegment. Letzteres kann nach der Literatur gelegentlich durch einen bis zum Hilus reichenden Einschnitt vom Oberlappen getrennt sein und bildet dann einen selbständigen Mittellappen der linken Lunge.

Der eigentliche linke Oberlappenbronchus zeigt eine andere Aufgabelung als derjenige rechts. Es sind ebenfalls drei Oberlappensegmentbronchi vorhanden: der apikale, der posteriore und anteriore; jedoch entspringen sie nicht aus einer gemeinsamen Trifurkation, wie es rechts meistens üblich ist, sondern in zwei hintereinanderliegenden Bifurkationen.

Der anteriore Ast (3) ist der grösste und zweigt zuerst aus dem Oberlappenbronchus ab (ca. 1 cm nach der Bifurkation des Oberlappenbronchus mit dem Lingulabronchus). Sein Verlauf ist, im Gegensatz zu dem der rechten Seite, nach vorne und leicht cranial gerichtet. Er teilt sich weiter auf in zwei Bronchien vierter Ordnung (anterior und posterior).

Der apikale (1) und der posteriore Segmentbronchus (2) entspringen aus einem ca. 1 cm langen gemeinsamen Stamm. Diese Anordnung kommt auch im rechten Oberlappen in einigen Fällen vor. Der apikale Ast verläuft dabei nach cranial mit leicht anteriorer Neigung, und zweigt sich in zwei Nebenäste auf (apikal, anterior). Kleiner als vorhergehender ist der posteriore Segmentbronchus. Dieser steigt auch gegen die

Lungenspitze an mit dorso-lateralem Verlauf. Aus ihm entspringen zwei Subsegmentbronchi (apikal und posterior).

Die drei Segmentbronchi ventilieren die entsprechenden Segmente analog der rechten Seite. Im Gegensatz zum rechten Oberlappenbronchus, der sich nach verschiedenen Autoren (*Hohn* und *Vieten* u. a.), wie schon erwähnt, in vier Segmente aufteilen soll, (apikal, anterior, posterior, axillär) wird von ihnen dieselbe Aufteilungsart auf der linken Seite nur selten beobachtet. Im Vergleich mit *Hohn* und *Vieten*, die in einem Fall von 99, den selbständigen axillären Ast festgestellt hatten, konnten wir ihn auf Grund von 173 Untersuchungen kein einziges Mal nachweisen.

#### *Die Variationen der linken Oberlappensegmentbronchi ohne Lingula.*

Das Untersuchungsmaterial umfasst zu diesem Zweck 173 Kontrastmittelfüllungen des linken Oberlappens. In den meistaus häufigsten Fällen war die Verteilung der Segmentbronchi so angeordnet, wie wir sie oben beschrieben haben, d. h. isolierter Abgang des anterioren Segmentbronchus vom linken Oberlappenbronchus und gemeinsamer Abgang des apikalen und posterioren Astes (s. Abb. 17). Was nun die Abweichungen von diesem Schema anbetrifft, so zeigt der anteriore Ast starke Variabilität in seinem Ursprung. Eine Trifurkation haben wir links ziemlich häufig beobachtet, wonach der anteriore Segmentbronchus zwischen apico-posteriorem und Lingula-Bronchus seinen Ursprung nimmt (s. Abb. 18). *Huizinga* und *Smelt* fanden die Trifurkation ebenfalls recht häufig. Ferner konnten wir einige Male den anterioren Segmentbronchus aus dem Lingulabronchus abzweigen sehen. Auch diese Spielart wird von anderen wie *Huizinga* und *Smelt* nicht so selten beobachtet. Zusammenstellung über die Oberlappenvarianten mit Angabe der Häufigkeit s. Abb. 14.

In der Literatur werden noch andere Abweichungen erwähnt:

1. Das Fehlen des anterioren Astes (*Huizinga*).
2. Der posteriore Ast kann isoliert aus dem linken Oberlappenbronchus entspringen, wobei der apikale und der anteriore Ast aus einem gemeinsamen Wurzelstück hervorgehen (*Grandgérard* und *Weber*).
3. Der apico-posteriore Ast kann selbständig vom linken Hauptbronchus abgehen, der anteriore Segmentbronchus zweigt dann gemeinsam mit dem Lingulabronchus ab.
4. Der anteriore Segmentbronchus kann doppelt angelegt sein, indem er sowohl vom Oberlappenbronchus wie vom Lingulabronchus seinen Ursprung nimmt (*Huizinga*).

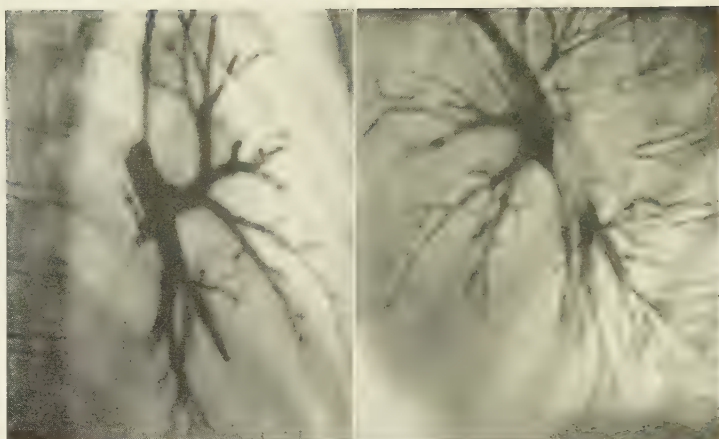


Abb. 17 Linksseitiges Bronchogramm eines 19jährigen Mädchens. Bronchiektasen im Bereich der Lingula und des anterobasalen Unterlappensegmentes. Gemeinsamer Ursprung des apicalen (1) und posterioren (2) Segmentbronchus vom linken Oberlappenbronchus. Normale Aufzweigung.

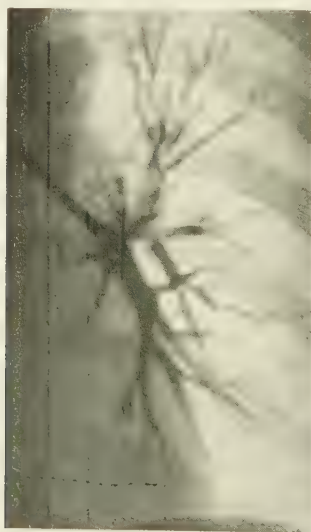


Abb. 18 Linksseitiges Bronchogramm eines 48jährigen Mannes. Spasmus des ganzen Bronchiatbaumes, deformierende Bronchitis im Oberlappen. Variation: Der anteriore (3) Segmentbronchus nimmt seinen Ursprung zwischen apico-posteriorem (1 + 2) und Lingulabronchus.

## Variationen im Bereich der Lingula

In allen Bronchogrammen, die eine Anzahl von 159 Lingulafüllungen umfassen, geht der entsprechende Bronchus mit einer Ausnahme immer durch Bifurkation aus dem linken Oberlappenbronchus hervor (s. Abb. 19). Wir können diesen einen Fall, bei dem der Lingualbronchus direkt vom linken Hauptbronchus abzweigt, als seltene Variation anführen. Die Verhältnisse entsprechen genau der Anordnung auf der rechten Seite, wobei dann der Lingulabronchus dem rechten Mittellappenbronchus entspricht. In diesen Fällen muss, der Ansicht von *Churchill* und *Belsey* entsprechend, ein selbständiger linker Mittellappen vorhanden sein. *Huizinga* und *Smelt* führen in der Literatur zwei Fälle von selbständigem Ursprung des Lingulabronchus an. Ein axillärer Seitenast des superior-lingulären Segmentbronchus soll sehr häufig sein.



Abb. 19 Rechts: seltene Variation, der Lingulabronchus zweigt direkt vom li. Stammbronchus ab. Links: normaler Abgang vom li. Oberlappenbronchus.

## Die Segmentbronchi des linken Unterlappens

In früheren Arbeiten wurde die Aufteilung des linken Unterlappenbronchus stark vernachlässigt. Man nahm an, dass er sich gleichartig verzweige, wie der rechte (*Kramer* und *Glass* u. a.). Auch heute noch sind *Hohn* und *Vieten* in ihren röntgenanatomischen Studien dieser Ansicht, obwohl Unterschiede in Form und Grösse zwischen beiden Unterlappen bestehen. Andere Autoren wie *Huizinga* und *Behr*, *Esser*, beschäftigten sich eingehender mit der anatomischen Aufteilung des linken Unterlappenbronchus. Dieser zeigt dorso-lateralen und basalen Verlauf wie der rechte, ist aber länger und entspringt tiefer aus dem Hauptbronchus. Ueber die Aufzweigungsart existieren verschiedene Ansichten. Währenddem rechts normalerweise fünf Unterlappen-segmentbronchi vorhanden sind, variieren links die Zahlen, je nach Autor, zwischen 3 und 8, wobei eine zusätzliche Schwierigkeit hinzukommt wegen der sehr unterschiedlichen Nomenklatur.

Unsere Arbeit stützt sich auf die internationale Nomenklatur von London, wobei der Unterlappenbronchus links im Gegensatz zu rechts 4 Segmentbronchi abgibt. Es sind dies der apikale (6), der anterobasale (8), der laterobasale (9) und der posterobasale (10) Ast. Ein cardialer Segmentbronchus (7) ist in der Regel nur rechts zu finden, da nur dort ein cardiales Segment vorhanden ist.

Der apikale Segmentbronchus entspringt als erster aus der dorsalen Wand des linken Unterlappenbronchus, etwa 1 cm unterhalb des Ober-

lappenabganges aus dem linken Hauptbronchus. Er ist sehr kurz und teilt sich sofort in zwei bis drei Nebenäste auf, die ebenfalls dorsal gerichtet sind wie der kurze Stamm. Wie rechts ventiliert er das apikale Unterlappensegment, das aber nur ganz selten als selbständiger Lappen, durch einen akzessorischen Einschnitt getrennt, vorhanden ist. Der selbständige Lobus posterior fand sich doppelseitig nach *Dévé* in 120%, nach *Brock* in 60% der Fälle. Die Aeste des apikalen Segmentbronchus sind im Bronchogramm (im ersten schrägen Durchmesser) gut sichtbar, währenddem der Segmentbronchus selbst erst im seitlichen Bronchogramm zur Darstellung kommt. Der Unterlappenbronchus teilt sich nach unten in drei weitere Aeste auf. Es sind dies der anterobasale (8), der laterobasale (9) und der posterobasale (10) Segmentbronchus. Sie verlaufen analog zu rechts laterocaudal zum antero- bzw. latero- bzw. posterobasalen Segment.

Als erster entspringt der anterobasale Ast vom Unterlappenbronchus ca. 2 cm tiefer als der apikale. Seine Subsegmentbronchi sind der R. lateralis und der R. basalis. Der laterobasale und der posterobasale Ast haben ebenfalls zwei Nebenäste. Im Bronchogramm kann man im Gegensatz zu rechts diese 3 Segmentbronchien, von einer Trifurkation ausgehen sehen, die aber nur scheinbar vorhanden ist, da alle 3 Bronchien gleich stark entwickelt sind und der gemeinsame Stamm des latero- und posterobasalen Bronchus sich sofort wieder aufteilt.

### *Die Variationen der Segmentbronchi des linken Unterlappens*

Wir werden uns auch hier nur auf die häufigsten Abweichungen beschränken, da die Anordnung der basalen Bronchi in der Literatur ganz verschieden angegeben wird. Im ganzen wählten wir 159 Unterlappenkontrastfüllungen aus und studierten daran die segmentale Aufzweigung. In grosser Zahl (154 auf 159 Fälle) konnten wir nur 4 Unterlappensegmentbronchi feststellen. Sie seien nochmals kurz aufgezählt:

|                                           |      |
|-------------------------------------------|------|
| apikaler Unterlappensegmentbronchus       | (6)  |
| anterobasaler Unterlappensegmentbronchus  | (8)  |
| laterobasaler Unterlappensegmentbronchus  | (9)  |
| posterobasaler Unterlappensegmentbronchus | (10) |

Ueber ihren Verlauf haben wir bereits vorher berichtet und können verzichten, nochmals darauf zurückzukommen. Dies darf als Grundtyp für die Aufteilung der Segmentbronchi des linken Unterlappens betrachtet werden. Die wenigen Variationen, die zu besprechen übrig bleiben, waren meist auch auf der rechten Seite zu finden.

Das Vorkommen eines subapikalen Astes konnten wir links nie beobachten. Tatsächlich kommt diese Abweichung dort noch weniger häufig vor als rechts, wie auch von andern Untersuchern bestätigt wird (*Huizinga* und *Smelt*).

Als grosse Ausnahme war in einem Bronchogramm ein selbständiger cardialer Segmentbronchus dargestellt. Es ist in diesem Fall auch ein selbständiges cardiales Segment des linken Unterlappens vorhanden. Die meisten Autoren sind der Ansicht, dass der linke cardiale Segmentbronchus immer vorhanden sei, seinen Ursprung aber vom anterobasalen Segmentbronchus nehme. Es komme diesem cardialen Ast aber niemals die Bedeutung zu wie auf der rechten Lungenseite (*Schmid, Esser, Boyden*). Ungefähr gleich wenig wie rechts zeigte der anterobasale Segmentbronchus gemeinsamen Ursprung mit dem laterobasalen (8+9). (Zusammenstellung der Unterlappenvarianten mit Angabe der Häufigkeit s. Abb. 16). Das Fehlen des anterobasalen Astes sowie dessen Ursprung aus dem posterobasalen Segmentbronchus soll vorkommen (*Huizinga*). Ebenso wurde beobachtet, dass 8, 9 und 10 aus einer echten Trifurkation hervorgehen können (*Esser*). All diese Variationen haben wir bei unsern Bronchogrammen nie beobachtet. Der Unterschied in der Verzweigungsweise der Bronchien der beiden Unterlappen beruht auf deren Grössen- und Formdifferenz.

Obwohl jede Lunge in ihrem Aufbau Abweichungen zeigt, kann abschliessend nochmals gesagt werden, dass sich anhand unserer Untersuchungen «ein Grundtyp» in der Anordnung der Segmentbronchi herauskristallisieren liess. Der Grundtyp ist definiert in der zahlenmässig am häufigsten vorkommenden Variation. Alle andern Aufzweigungsarten kommen viel weniger zahlreich vor, und können somit als die eigentlichen Variationen betrachtet werden.

## VII. ZUSAMMENFASSUNG

1. Anhand von 420 Bronchogrammen wird die Aufteilung des Bronchialbaumes untersucht und die Variationen des Verlaufes der Segmentbronchien festgestellt.
2. Es folgt daraus, dass sich die Aufzweigungen der Segmentbronchien in ein System eingliedern lassen, wobei die am häufigsten vorkommende Variation als normale Anordnung angesehen werden kann.
3. Wir benützen dabei die internationale Nomenklatur aus dem Jahre 1949 und weisen tabellarisch auf die Mannigfaltigkeit der Benennung der Segmentbronchien in der Literatur hin.
1. Nach kurzer Erörterung der heutigen Bronchographietechnik, wird die Häufigkeit der Varianten in bezug auf die Gesamtuntersuchungszahl prozentual angeführt, wobei, wenn immer möglich, die in der Literatur angegebenen Zahlen zum Vergleiche herangezogen werden.
5. Die von uns vorgefundene häufigste Variation entspricht der auch von einigen andern Forschern angetroffenen Variation. Sie ist analog der allgemein in der internationalen Nomenklatur aufgeführten «Normalform» des Bronchialbaumes.
6. Ein weiterer Vergleich mit den in der Literatur angeführten Variationsformen trifft auf grosse Schwierigkeiten, infolge der von den verschiedenen Forschern benützten Nomenklaturen und der meist fehlenden Zahlenangabe über das Untersuchungsmaterial.
7. Im grossen und ganzen ist die Reihenfolge der Variationen, in bezug auf die häufigsten, ähnlich derjenigen der andern Untersucher.

TABELLE 1

Erläuterung: *Abkürzungen der Variationen der Segmentbronchien*

|           |      |                                                          |
|-----------|------|----------------------------------------------------------|
| Re. O. L. | I    | apical, posterior, anterior                              |
|           | II   | apico-posterior, anterior                                |
|           | III  | apico-anterior, posterior                                |
|           | IV   | apical, posterior, anterior, axillär                     |
| Li. O. L. | V    | apico-posterior, anterior                                |
|           | VI   | anterior, entspringt zwischen Lingula und O. L.-Bronchus |
| Re. U. L. | VII  | anterior, entspringt aus Lingula-Bronchus                |
|           | VIII | cardial fehlt                                            |
|           |      | antero- und lateral-basal, gemeinsamen                   |
| Li. U. L. | IX   | Ursprung                                                 |
|           | X    | antero- und laterobasal, gemeinsamen Ursprung            |

#### A. Eigene Untersuchungen

| Lobus           | Bezeichnung der Variante | Gesamtzahl der Fälle | Anzahl der Varianten | Anzahl in Prozenten | Mittlerer stat. Fehler $\pm m_1$ |
|-----------------|--------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|----------------------------------|
| Re. Oberlappen  | I                        | 195                  | 153                  | 78,6                | $\pm 2,93$                       |
|                 | II                       |                      | 26                   | 13,3                | $\pm 2,43$                       |
|                 | III                      |                      | 10                   | 5,1                 | $\pm 1,57$                       |
|                 | IV                       |                      | 1                    | 0,5                 | $\pm 0,51$                       |
| Li. Oberlappen  | V                        | 173                  | 139                  | 80,3                | $\pm 3,02$                       |
|                 | VI                       |                      | 23                   | 13,3                | $\pm 2,58$                       |
|                 | VII                      |                      | 11                   | 6,4                 | $\pm 1,86$                       |
| Re. Unterlappen | VIII                     | 200                  | 11                   | 5,5                 | $\pm 1,61$                       |
|                 | IX                       |                      | 3                    | 1,5                 | $\pm 0,86$                       |
| Li. Unterlappen | X                        | 159                  | 4                    | 2,5                 | $\pm 1,07$                       |

B. Untersuchungen von *Hohn* und *Vieten*

| Lobus     | Bezeichnung der Variante | Gesamtzahl der Fälle | Anzahl der Varianten | Anzahl in Prozenten | Mittlerer stat. Fehler = $m_2$ |
|-----------|--------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|--------------------------------|
| Re. O. L. | IV                       | 108                  | 45                   | 41,7                | $\pm 4,74$                     |
| Li. O. L. | V                        | 99                   | 8                    | 8,1                 | $\pm 2,74$                     |
| Re. U. L. | IX                       | 97                   | 11                   | 11,3                | $\pm 3,21$                     |
| Li. U. L. | X                        | 69                   | 20                   | 28,9                | $\pm 5,45$                     |

C. Untersuchungen von *Boyden*

| Lobus     | Bezeichnung der Variante | Gesamtzahl der Fälle | Anzahl der Varianten | Anzahl in Prozenten | Mittlerer stat. Fehler = $m_3$ |
|-----------|--------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|--------------------------------|
| Re. O. L. | I                        | 50                   | 19                   | 38,0                | $\pm 6,86$                     |
|           | II                       |                      | 5                    | 10,0                | $\pm 4,24$                     |
|           | III                      |                      | 2                    | 4,0                 | $\pm 2,77$                     |

D. Untersuchungen von *Huizinga*

| Lobus     | Bezeichnung der Variante | Gesamtzahl der Fälle | Anzahl der Varianten | Anzahl in Prozenten | Mittlerer stat. Fehler = $m_4$ |
|-----------|--------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|--------------------------------|
| Re. O. L. | I                        | 108                  | 63                   | 58,3                | $\pm 4,75$                     |
| Li. O. L. | V                        | 125                  | 85                   | 68,0                | $\pm 4,14$                     |
|           | VI                       |                      | 21                   | 16,8                | $\pm 3,42$                     |
|           | VII                      |                      | 16                   | 13,8                | $\pm 3,08$                     |
| Re. U. L. | VIII                     | 134                  | 33                   | 25,0                | $\pm 3,78$                     |

TABELLE 2

*Vergleich der in der Tabelle 1 aufgeführten Statistiken*

A = Eigene Untersuchungen

C = Untersuchungen von Boyden

B = Untersuchungen Hohn und Vieten

D = Untersuchungen von Huizinga

| Lappen         | Bezeichnung der Varianten der Segmentbronchien | Statistik | Gesamtzahl der untersuchten Fälle | Anzahl der Varianten | Anzahl der Varianten in Prozenten | Prozentuale Differenz | Mittlerer statist. Fehler der prozentualen Differenz = md | 2 md        | 3 md        |
|----------------|------------------------------------------------|-----------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------|-------------|-------------|
| Re. Oberlappen | I                                              | A         | 195                               | 153                  | 78,6                              | 40,6                  | $\pm 7,46$                                                | $\pm 14,93$ | $\pm 22,93$ |
|                |                                                | C         | 50                                | 19                   | 38,0                              |                       | $\pm 5,58$                                                | $\pm 11,17$ | $\pm 16,75$ |
|                |                                                | D         | 108                               | 63                   | 58,3                              | 20,3                  |                                                           |             |             |
|                | II                                             | A         | 195                               | 26                   | 13,3                              | 3,3                   | $\pm 4,89$                                                | $\pm 9,78$  | $\pm 14,67$ |
|                |                                                | C         | 50                                | 5                    | 10,0                              |                       |                                                           |             |             |
|                | III                                            | A         | 195                               | 10                   | 5,1                               | 1,1                   | $\pm 3,18$                                                | $\pm 6,36$  | $\pm 15,34$ |
|                |                                                | C         | 50                                | 2                    | 4,0                               |                       |                                                           |             |             |
|                | IV                                             | A         | 195                               | 1                    | 0,5                               | 41,2                  | $\pm 4,77$                                                | $\pm 9,54$  | $\pm 14,31$ |
|                |                                                | B         | 108                               | 45                   | 41,7                              |                       |                                                           |             |             |
| Li. Oberlappen | V                                              | A         | 173                               | 139                  | 80,3                              | 72,2                  | $\pm 4,08$                                                | $\pm 8,16$  | $\pm 12,24$ |
|                |                                                | B         | 99                                | 8                    | 8,1                               | 12,3                  | $\pm 5,15$                                                | $\pm 10,30$ | $\pm 15,45$ |
|                |                                                | D         | 125                               | 85                   | 68,0                              |                       |                                                           |             |             |
|                | VI                                             | A         | 173                               | 23                   | 13,3                              | 3,5                   | $\pm 4,28$                                                | $\pm 9,56$  | $\pm 12,84$ |
|                |                                                | D         | 125                               | 21                   | 16,8                              |                       |                                                           |             |             |
|                | VII                                            | A         | 173                               | 11                   | 6,4                               | 7,4                   | $\pm 3,60$                                                | $\pm 7,20$  | $\pm 10,80$ |
|                |                                                | D         | 125                               | 16                   | 13,8                              |                       |                                                           |             |             |
| Re. U. L.      | VIII                                           | A         | 200                               | 11                   | 5,5                               | 19,5                  | $\pm 4,11$                                                | $\pm 8,22$  | $\pm 12,33$ |
|                |                                                | D         | 134                               | 33                   | 25,0                              |                       |                                                           |             |             |
|                | IX                                             | A         | 200                               | 3                    | 1,5                               | 10,8                  | $\pm 3,32$                                                | $\pm 6,64$  | $\pm 9,96$  |
|                |                                                | B         | 97                                | 11                   | 11,3                              |                       |                                                           |             |             |
| Li. U. L.      | X                                              | A         | 159                               | 4                    | 2,5                               | 26,4                  | $\pm 5,59$                                                | $\pm 11,18$ | $\pm 16,77$ |
|                |                                                | B         | 69                                | 20                   | 28,9                              |                       |                                                           |             |             |

## VIII. LITERATURVERZEICHNIS

- Aebi, Ch.*: Die Gestalt des Bronchialbaumes und die Homologie der Lungenlappen beim Menschen. *Chl. Med. Wiss.* 16 (1878): 290.
- Adams, R.* und *Davensport, L. F.*: The Technic of Bronchographie. *I. A. M. Ass.* 118 (1942): 111.
- Behr, E.* und *Huizinga, E.*: On the Division of the Lung Segments in the Right Upper Lobe. *Acta radiol.* 19 (1938): 399.
- Boyden, E. A.* und *Scannel, J. G.*: An Analysis of Variations in the Bronchovascular Pattern of the Right Upper Lobe of Fifty Lungs. *Am. J. Anat.* 82 (1948): 27.
- Brock, R. C.*: The Anatomie of the Bronchial Tree with Special Reference to the Surgery of the Lung Abszess. London (1946).
- Chatton, P.* und *Maleki, A.*: Anatomie Radiologique du Poumon. *J. de Rad.* 28 (1947): 285.
- Cocchi, U.*: Die Lungensegmente und die Segmentpneumonien. *Fortschr. Röntgenstr.* 75 (1951).
- Coulouma, P.*: Zones Pulmonaires et Zonites. *Schweiz. Med. Wschr.* 74 (1944): 886.
- Churchill* und *Belsey*: Segmental Pneumectomy in Bronchiectasis. The Lingula-segment of the Left Upper Lob. *Annals surg.* 109 (1939): 481.
- Dévé, F.*: Les Lobes Surnomméraires du Poumon, le Lobe Postérieur, le Lobe Cardiaque. *Bull. Soc. Anat. Paris* 75 (1900):
- Di Guglielmo, L.*: Le Zone Polmonari. Napoli (1950).
- Esser, C.*: Lungensegmente. *Fortschr. Röntgenstr.* 71 (1949): 395.  
Zur Frage des Unterschiedlichen Verhaltens bestimmter Lungenabschnitte. *Klin. Wschr.* 28 (1950): 81.  
Topogr. Ausdeutung der Bronchien im Röntgenbild. (1951) Stuttgart.
- Ewart, A.*: The Bronchi and Pulmonary Blood Vessels London (1889).
- Felix, W.*: Die Anatomie der Lungen und Brustfelle. In *F. Sauerbruch Chirurgie der Brustorgane* (1920) Band 1, Berlin.
- Fischer, F. K.*: Die Darstellung des Bronchialbaumes mit wasserlöslichem Kontrastmittel. *Schw. med. Wschr.* 42 (1948): 1025.
- Gernex-Rieux, Breton, W., Mereau, J. Bonte, G.*: Carte de Topographie Bronchique et de Topographie Zonaire. *Presse méd.* (1947): 886.
- Grandgérard, R.* und *Weber, P.*: L'Orientation des Bronches et des Artères Pulmonaires et la Répartition Périphérique de leur Territoir. *Arch. méd. chir. App. resp.* 10 (1935): 181.
- Hardie-Neil, J., Gilmour, W.*: Bronchopulmonary Segments of the Lung and Their Terminology. *Brit. med. J.* (1949): 309.
- Hasse, C.*: Ueber den Bau der menschlichen Lungen. *Arch. mikr. Anat. und Entw.* 53 (1892): 324.
- Herrnheiser, G.*: Die Topik der Versorgungsgebiete der Lungenarterien und Bronchien 1. Ordnung. *Fortschr. Röntgenstr.* 53 (1936): 251.  
Röntgenanatomie der Lunge. *Fortschr. Rö.* 74 (1951): 623.

- Huizinga, E. und Smelt, G. J.*: Bronchographie 1949, Assen.
- Huizinga, E.*: Segmentale Ausbreitung von Lungenabweichung. *Acta rad.* 24 (1943): 295.
- Huizinga, E. und Behr, E.*: On the Division of the Lungsegments. *Acta rad.* 21 (1940): 314.
- Hohn, M. und Vieten, H.*: Röntgenolog. Studie über die Aufteilung des Bronchialbaumes. *Fortschr. Röntgenstr.* 73 (1950): 669.
- Keil und Vieten*: Ist der Zusatz von Adrenalin bei der Anaesthetie des Tracheobronchialsystems für die Bronchographie noch zu verantworten? *Rö. Fortsch.* 76 (1952): 796.
- Kramer, R. und Glass, A.*: The Bronchoscopic Localisation of Lungabszess. *Ann. Oto-Rhin. Lar.* 41 (1932): 1210.
- Lucien, M. und Weber, P.*: La Systémation Pulmonaire chez l'Homme. *Arch. Anat. Hist. Embr.* 21 (1936): 109.
- Mattéi, Ch.*: Penicillintherapie Endobronchique Précise. Paris (1948).
- Muelly, K. und Fischer, F. K.*: Beitrag zur Technik der Bronchographie mit wasserlöslichem Kontrastmittel Joduron B. *Schw. med. Wschr.* 42, (1948): 1033.
- Narath*: Der Bronchialbaum der Säugetiere und des Menschen. *Bibl. med. Anat.* Stuttgart (1901).
- Pierret, R., Coulouma, P., Breton, M., Devos, L.*: Nouvelles Conceptions Anatomiques de la Structure des Poumons, les Zones Pulmonaires. *Brux. méd.* 18 (1938): 1080.
- Pohl, R.*: Der Lobus Posterior der Lunge. *Fortschr. Rö.* 46 (1932): 583.
- Pothoven, W. J. und Huizinga, E.*: On the Division of the Lung Segments. *Acta radiolog.* 24 (1943): 228.
- Robert, R.*: Contribution à l'Etude Radiologique du Lobe Moyen. Thèse Lausanne (1942).
- Rosselet, A.*: Contribution à l'anatomie Radiologique du Poumon. *Rad. Clin.* 11 (1942): 98.  
L'Image Radiologique de la Zone Axillaire Moyenne. *Rad. Clin.* 18 (1949): 197.
- Schaffner, G.*: Ueber den Lobus inferior accessorius der menschlichen Lunge. *Virch. Arch.* 152 (1898): 1.
- Schinz-Baensch-Friedl-Uehlinger*: Lehrbuch der Röntgendiagnostik 5. Auflage. Stuttgart 1951.
- Schmid, Ch.*: Die Topographische Darstellung des Bronchialbaumes nach dem Röntgenbild. *Fort. Röntgenstr.* 73 (1950): 307.  
Die Topographische Darstellung der Lungensegmente im Röntgenbild. *Fortschr. Röntgenstr.* 73 (1950): 318.
- Velde, G.*: Der Lobus Inferior Accessorius im Röntgenbild. *Fortschr. Röntgenstr.* 46 (1932): 588.
- Weber, H. W.*: Ueber die Anatomischen Grundlagen und Bedeutung der Lungensegmente. *Tuberkulosearzt* 4 (1950): 254.
- Zuidema, P.*: Ueber die Bronchographie bei Lungentuberkulose. *Schw. Zeitschr. für TBC* (1949): 6.

## DANK

Herrn Prof. *Schinz* möchte ich an dieser Stelle herzlich danken für die Ueberlassung des Bronchographiematerialies. Ebenso möchte ich Herrn Prof. *U. Cocchi* meinen herzlichsten Dank aussprechen für die Anregung zu dieser Arbeit und seine wertvolle Hilfe.

## CURRICULUM VITAE

Ich wurde am 27. April 1924 in Zürich geboren. Im Anschluss an die Primar- und Sekundarschule, bereitete ich mich an der Gymnasialabteilung des Institutes Minerva Zürich auf die eidg. Maturität, Typus B, vor, die ich im Jahre 1944 in Bern bestand. Nach halbjährigem Unterbruch begann ich mit dem Medizinstudium an der Universität Zürich, wo ich im Frühjahr 1946 das erste Propaedeutikum und im Herbst 1947 das zweite Propaedeutikum absolvierte. Im November 1951 beendete ich mein Studium mit dem eidg. Staatsexamen für Medizin.





